

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-291843

(43)Date of publication of application : 11.11.1997

(51)Int.Cl.

F02D 41/14  
 F01N 3/20  
 F01N 3/22  
 F02D 45/00  
 F02D 45/00  
 F02D 45/00  
 G01N 27/26  
 G01N 27/409

(21)Application number : 08-289883

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 31.10.1996

(72)Inventor : MITSUYA NORITAKE

(30)Priority

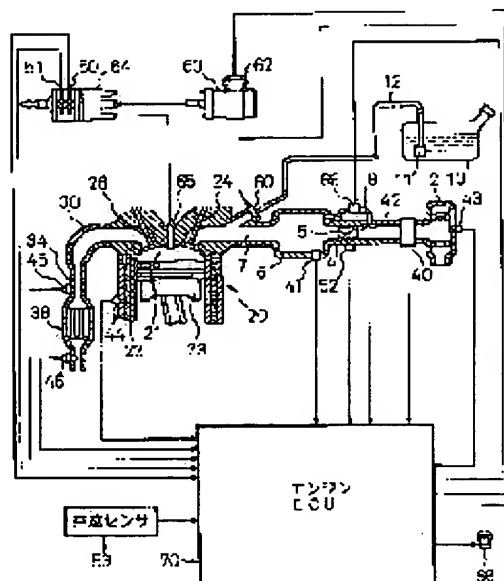
Priority number : 08 41552 Priority date : 28.02.1996 Priority country : JP

## (54) AIR-FUEL RATIO CONTROLLER FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve accuracy of air-fuel ratio control by calculating amplitude from target output of sensor output and a period that the sensor output is returned to the target output whenever the output of an air-fuel ratio sensor is reversed with respect to the target output while executing air-fuel ratio feedback control, and correcting the output of the air-fuel ratio sensor.

SOLUTION: An A/F sensor 45 for detecting an air-fuel ratio is arranged on an exhaust pipe 34, and a catalytic converter 38 and an O<sub>2</sub> sensor 46 are arranged in an exhaust system further downstream from the A/F sensor 45. Then, air-fuel ratio feedback control by the A/F sensor 45 is executed under the control of an ECU 70. That is, while the air-fuel ratio feedback control is executed, amplitude from the target output of the output of air-fuel ratio sensor and a period when the output of the air-fuel sensor is returned to the target output after being intersected the target output, are calculated whenever the output of the air-fuel ratio sensor is reversed with respect to the target output. Then, the output voltage of the A/F sensor 45 found out in main air-fuel ratio feedback control is corrected on the basis of these amplitude and period.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.06.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3156604

[Date of registration] 09.02.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-291843

(43) 公開日 平成9年(1997)11月11日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 2 D 41/14	3 1 0		F 0 2 D 41/14	3 1 0 K 3 1 0 F
F 0 1 N 3/20			F 0 1 N 3/20	C
3/22	3 2 1		3/22	3 2 1 S
F 0 2 D 45/00	3 2 4		F 0 2 D 45/00	3 2 4

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-289883

(22) 出願日 平成8年(1996)10月31日

(31) 優先権主張番号 特願平8-41552

(32) 優先日 平8(1996)2月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 光谷 典丈

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

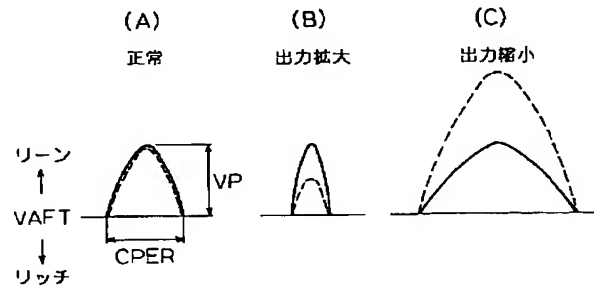
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

(54) 【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置

(57) 【要約】

【課題】 排気浄化触媒の上流側にA/Fセンサを設けて空燃比フィードバック制御を行う内燃機関において、A/Fセンサの特性ずれを推定し、それを考慮した空燃比フィードバック制御及び触媒劣化判定を行う。

【解決手段】 出力拡大方向の特性ずれを有する場合には、燃料補正量が大きくなり過ぎるため、出力電圧VAFが目標電圧VAF Tを横断してから目標電圧に戻るまでの周期は、正常品の場合に比較して短くなる。一方、出力縮小方向の特性ずれを有する場合には、燃料補正量が小さくなり過ぎるため、その周期は、正常品の場合に比較して長くなる。本発明では、A/Fセンサ出力電圧VAFをモニタし、その振幅VPと周期C P E Rとを算出し、それらの関係より、VAFを特性ずれに応じて補正するための補正係数Kを求める。また、振幅VPと周期C P E Rとに代え、軌跡長とVAF及びVAF Tが囲む面積とを用いてもよい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、

前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサと、

前記空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、

前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中において、前記空燃比センサの出力が前記目標出力に関して反転するごとに、前記空燃比センサの出力の前記目標出力からの振幅と、前記空燃比センサの出力が前記目標出力を横断してから前記目標出力に戻るまでの周期と、を算出し、前記振幅と前記周期とに基づいて前記空燃比センサの出力を補正するセンサ出力補正手段と、  
を具備する、内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項2】 内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、

前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサと、

前記空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、

前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中において、前記空燃比センサの出力が前記目標出力に関して反転するごとに、前記空燃比センサの出力の前記目標出力からの振幅と、前記空燃比センサの出力が前記目標出力を横断してから前記目標出力に戻るまでの周期と、を算出し、前記振幅と前記周期とに基づいて前記空燃比センサの特性ずれ又は劣化を判別するセンサ異常判別手段と、  
を具備する、内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項3】 内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、

前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する上流側空燃比センサと、

前記上流側空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、

前記排気浄化触媒の下流側に設けられた下流側空燃比センサと、

前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内における、前記上流

側空燃比センサの出力の軌跡長と前記下流側空燃比センサの出力の軌跡長とに基づいて、前記排気浄化触媒の劣化を判別する触媒劣化判別手段と、

前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中において、前記上流側空燃比センサの出力が前記目標出力に関して反転するごとに、前記上流側空燃比センサの出力の前記目標出力からの振幅と、前記上流側空燃比センサの出力が前記目標出力を横断してから前記目標出力に戻るまでの周期と、を算出し、前記振幅と前記周期とに基づいて前記触媒劣化判別手段において演算される上流側空燃比センサ出力軌跡長を補正する軌跡長補正手段と、  
を具備する、内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項4】 内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、

前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサと、

前記空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、

前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内において、前記空燃比センサの出力の軌跡長と、前記空燃比センサの出力と前記目標出力とで囲まれる面積と、を算出し、前記軌跡長と前記面積とに基づいて前記空燃比センサの出力を補正するセンサ出力補正手段と、  
を具備する、内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項5】 内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、

前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサと、

前記空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、

前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内において、前記空燃比センサの出力の軌跡長と、前記空燃比センサの出力と前記目標出力とで囲まれる面積と、を算出し、前記軌跡長と前記面積とに基づいて前記空燃比センサの特性ずれ又は劣化を判別するセンサ異常判別手段と、  
を具備する、内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項6】 内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、

前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する上流側空燃比センサと、

前記上流側空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する上流側空燃比センサ目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する第1の空燃比フィードバック制御手段と、

前記排気浄化触媒の下流側に設けられた下流側空燃比センサと、

前記下流側空燃比センサの出力と下流側空燃比センサ目標出力との偏差に基づいて前記上流側空燃比センサの出力を補正する第2の空燃比フィードバック制御手段と、前記第1及び第2の空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内において、前記上流側空燃比センサの出力の軌跡長である上流側軌跡長と、前記上流側空燃比センサの出力と前記上流側空燃比センサ目標出力とで囲まれる面積である上流側面積と、少なくとも前記下流側空燃比センサの出力の軌跡長である下流側軌跡長又は前記下流側空燃比センサの出力と前記下流側空燃比センサ目標出力とで囲まれる面積である下流側面積の一方と、を算出し、前記上流側軌跡長と、前記上流側面積と、少なくとも前記下流側軌跡長又は前記下流側面積の一方と、に基づいて前記上流側空燃比センサの特性ずれ又は劣化を判別するセンサ異常判別手段と、

を具備する、内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項7】 内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、

前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する上流側空燃比センサと、

前記上流側空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、

前記排気浄化触媒の下流側に設けられた下流側空燃比センサと、

前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内において、前記上流側空燃比センサの出力の軌跡長と、前記下流側空燃比センサの出力の軌跡長と、前記上流側空燃比センサの出力と前記目標出力とで囲まれる面積と、を算出し、前記上流側空燃比センサ出力軌跡長と前記面積とに基づいて前記上流側空燃比センサ出力軌跡長を補正し、該補正された上流側空燃比センサ出力軌跡長と前記下流側空燃比センサ出力軌跡長とに基づいて、前記排気浄化触媒の劣化を判別する触媒劣化判別手段と、

を具備する、内燃機関の空燃比制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関（エンジン）において、吸入空気量に応じて適量の燃料を供給することにより、空気と燃料との混合比（空燃比：A/F）

F）を所望の値に制御する装置である空燃比制御装置に関し、より詳細には、排気浄化触媒の上流側に空燃比をリニアに検出可能な空燃比センサ（A/Fセンサ）を設けて空燃比フィードバック制御を行う空燃比制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、自動車用エンジンにおいては、排気ガス浄化対策として、排気ガス中の未燃成分（HC、CO）の酸化と窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）の還元とを同時に促進する三元触媒が利用されている。そのような三元触媒による酸化・還元能力を高めるためには、エンジンの燃焼状態を示す空燃比（A/F）を理論空燃比近傍（ウィンドウ）に制御する必要がある。そのため、エンジンにおける燃料噴射制御においては、排気ガス中の残留酸素濃度に基づき空燃比が理論空燃比よりもリッチかリーンかを感知するO<sub>2</sub>センサ（酸素濃度センサ）（図1参照）を設け、そのセンサ出力に基づいて燃料量を補正する空燃比フィードバック制御が行われている。

【0003】かかる空燃比フィードバック制御では、酸素濃度を検出するO<sub>2</sub>センサをできるだけ燃焼室に近い箇所、すなわち触媒コンバータより上流側に設けているが、そのO<sub>2</sub>センサの出力特性のばらつきを補償するために、触媒コンバータより下流側に第2のO<sub>2</sub>センサを更に設けたダブルO<sub>2</sub>センサシステムも実現されている。すなわち、触媒下流側では、排気ガスは十分に攪拌されており、その酸素濃度も三元触媒の作用によりほぼ平衡状態にあることにより、下流側O<sub>2</sub>センサの出力は、上流側O<sub>2</sub>センサよりも緩やかに変化し、従って混合気全体のリッチ／リーン傾向を示す。ダブルO<sub>2</sub>センサシステムは、触媒上流側O<sub>2</sub>センサによるメイン空燃比フィードバック制御に加え、触媒下流側O<sub>2</sub>センサによるサブ空燃比フィードバック制御を実施するものであり、メイン空燃比フィードバック制御による空燃比補正係数を、下流側O<sub>2</sub>センサの出力に基づいて修正することにより、上流側O<sub>2</sub>センサの出力特性のばらつきを吸収し、空燃比制御精度の向上を図っている。

【0004】以上のような精密な空燃比制御を実施しても、排気ガスの熱や鉛等の被毒の作用により触媒が劣化してくると、十分な排気ガス浄化性能を得ることはできない。そこで、従来より、種々の触媒劣化検出装置が提案されている。その一つは、触媒下流側O<sub>2</sub>センサによって暖機後のO<sub>2</sub>ストレージ効果（過剰の酸素を保持し未燃焼排気物の浄化に利用する機能）の低下を検出することにより、触媒の劣化を診断するものである。すなわち、触媒の劣化は結果として暖機後の浄化性能の低下を誘発するが、この装置は、O<sub>2</sub>ストレージ効果の低下を浄化性能の低下と推定し、下流側O<sub>2</sub>センサの出力信号を使用して、軌跡長、フィードバック周波数等を求め、O<sub>2</sub>ストレージ効果の低下を検出し、触媒の劣化を検出するものである。例えば、特開平 5-98948号公報に開示

された装置は、理論空燃比へのフィードバック制御中において下流側 $O_2$  センサの出力の軌跡長を求め、それに基づき触媒劣化を検出する装置である。

【0005】一方、近年においては、三元触媒が常に一定の安定した浄化性能を発揮するように空燃比を制御する内燃機関も開発されている。すなわち、 $O_2$  ストレージ能力は、排気ガスがリーン状態にあるときに過剰分の酸素を吸着し、排気ガスがリッチ状態にあるときに不足分の酸素を放出することにより、排気ガスを浄化するものであるが、このような能力は有限なものである。従って、 $O_2$  ストレージ能力を効果的に利用するためには、排気ガスの空燃比が次にリッチ状態又はリーン状態のいずれとなってもよいように、触媒中に貯蔵されている酸素の量を所定量（例えば、最大酸素貯蔵量の半分）に維持することが肝要であり、そのように維持されていれば、常に一定の $O_2$  吸着・放出作用が可能となり、結果として触媒による一定の酸化・還元能力が常に得られる。

【0006】このように触媒の浄化性能を維持すべく $O_2$  ストレージ量を一定に制御する内燃機関においては、空燃比をリニアに検出可能な空燃比センサ（A/Fセンサ）（図2参照）が用いられ、比例及び積分動作（PI動作）によるフィードバック制御（F/B制御）が行われる。すなわち、

次回燃料補正量 $=K_p \cdot (\text{今回の燃料差}) + K_i \cdot \Sigma$   
（これまでの燃料差）

但し、燃料差 $=$ （実際に筒内で燃焼せしめられた燃料量） $-$ （吸入空気をストイキとする目標筒内燃料量）  
実際に筒内で燃焼せしめられた燃料量 $=$ 空気量検出値/  
空燃比検出値

$K_p$  = 比例項ゲイン

$K_i$  = 積分項ゲイン

なる演算により、フィードバック燃料補正量が算出される。

【0007】上記した燃料補正量の演算式からわかるように、その比例項は、 $O_2$  センサによるフィードバック制御と同様に、空燃比をストイキに維持すべく作用する成分であり、積分項は、定常偏差（オフセット）を消去するように作用する成分である。すなわち、この積分項の作用により、触媒における $O_2$  ストレージ量が一定に維持される結果となる。例えば、急加速等でリーンガスが発生した場合には、かかる積分項の作用により、リッチガスが発生せしめられ、リーンガス発生効果が相殺される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、A/Fセンサの出力電圧に基づく空燃比フィードバック制御においては、その出力電圧と目標電圧（ストイキ相当電圧）との偏差が大きいほど燃料補正量が大きくなるように制御されるため、A/Fセンサに出力特性ずれ（レン

ジ外れ）や応答性特性ずれがあると、所望の空燃比フィードバック制御を達成することが困難となる。例えば、図3（A）に示されるように、A/Fセンサの応答性が過敏となっているために、A/Fセンサ出力電圧VAFの変動（実線）が実際のA/Fに応じて本来示されるべき電圧（実A/F相当電圧）の変動（破線）よりも大きくなる場合には、燃料補正量が想定した値よりも大きくなるため、ストイキ相当電圧（目標電圧）VAF<sub>T</sub>への復帰に要する時間すなわち空燃比変動の周期は短くなる。その逆に、図3（B）に示されるように、A/Fセンサの応答性が劣化しているために、A/Fセンサ出力電圧VAFの変動（実線）が実A/F相当電圧の変動（破線）よりも小さくなる場合には、燃料補正量が想定した値よりも小さくなるため、空燃比変動の周期は長くなる。従って、A/Fセンサによる空燃比フィードバック制御において、A/Fセンサの特性ずれを補償することが、一定の空燃比制御精度を達成する上で肝要である。さらに、A/Fセンサの特性ずれ又は劣化を判別した場合には、そのことを報知することが好ましい。

【0009】また、A/Fセンサの出力電圧に基づく空燃比フィードバック制御を行う内燃機関においても、触媒下流側に $O_2$  センサを設け、サブ空燃比フィードバック制御を行うことがある。このサブ空燃比フィードバック制御においては、 $O_2$  センサ出力電圧VOSの目標電圧VOSTからの変位を積算していき、その積算値に基づいてA/Fセンサ出力電圧VAFを補正していくことにより、VOSを目標電圧VOSTに近づける（つまり、目標電圧に達するまで空燃比変動の中心を徐々にシフトしていく）制御がなされる。このような場合にも、ダブル $O_2$  センサシステムと同様に、触媒の $O_2$  ストレージ効果の低下を $O_2$  センサで検出することにより、触媒の劣化を判別することができる。

【0010】すなわち、 $O_2$  センサの出力電圧VOSは、 $O_2$  ストレージ能力の低下した劣化触媒の下流にある場合には、短い周期で変化するが、一方、正常触媒の下流にある場合には、その $O_2$  ストレージ効果により、長い周期で緩やかに変化する。 $O_2$  センサ出力電圧VOSの軌跡長に基づく触媒劣化検出は、所定のモニタ期間においてVOS軌跡長LVOSを求め、その値が判定基準値以上となった場合に触媒劣化ありと判定するものである。ただし、その判定基準値は、当該所定期間におけるA/Fセンサ出力電圧VAFの軌跡長LVAFに応じて定められ、LVAFが大きいほど、判定基準値も大きくされる。例えば、図4において、（LVAF, LVOS）で表される点が、図中の判定基準値曲線よりも上側にある場合には、触媒劣化ありと判定される。

【0011】ところが、図3（A）に示されるように、A/Fセンサの応答性が過敏となっているために、A/Fセンサ出力電圧VAFの変動（実線）が実際のA/F変動（破線）よりも大きな値を示している場合には、本

来、図4の異常領域内の点①に位置すべき状態であるにもかかわらず、正常領域内の点<1>の位置へずれることとなる。そのため、このような場合には、異常触媒と判定されるべきであるのに、正常触媒と判定されてしまう。また、その逆に、図3(B)に示されるように、A/Fセンサの応答性が劣化しているために、A/Fセンサ出力電圧VAFの変動(実線)が実際のA/F変動(破線)よりも小さな値を示している場合には、本来、図4の正常領域内の点②に位置すべき状態であるにもかかわらず、異常領域内の点<2>の位置へずれることとなる。そのため、このような場合には、正常触媒と判定されるべきであるのに、異常触媒とみなされてしまう。従って、触媒劣化判別を実行する際においても、A/Fセンサの特性ずれを補償することが、触媒劣化判定の精度を向上する上で肝要である。

【0012】かかる実情に鑑み、本発明の目的は、排気浄化触媒の上流側に排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有するA/Fセンサを設け、A/Fセンサの出力によって表される空燃比と目標空燃比との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する内燃機関の空燃比制御装置において、A/Fセンサの特性ずれを推定し、それを考慮した空燃比フィードバック制御及び触媒劣化判定を行うとともに、A/Fセンサの特性ずれ又は劣化を判別することにある。ひいては、本発明は、空燃比制御精度の向上すなわち排気ガス浄化性能の向上を図り、大気汚染防止に寄与することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく案出された、本願第1の発明に係る、内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサと、前記空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中において、前記空燃比センサの出力が前記目標出力に関して反転するごとに、前記空燃比センサの出力の前記目標出力からの振幅と、前記空燃比センサの出力が前記目標出力を横断してから前記目標出力に戻るまでの周期と、を算出し、前記振幅と前記周期とに基づいて前記空燃比センサの出力を補正するセンサ出力補正手段と、を具備する。

【0014】また、第2の発明に係る、内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサと、前記空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比

となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中において、前記空燃比センサの出力が前記目標出力に関して反転するごとに、前記空燃比センサの出力の前記目標出力からの振幅と、前記空燃比センサの出力が前記目標出力を横断してから前記目標出力に戻るまでの周期と、を算出し、前記振幅と前記周期とに基づいて前記空燃比センサの特性ずれ又は劣化を判別するセンサ異常判別手段と、を具備する。

【0015】また、第3の発明に係る、内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する上流側空燃比センサと、前記上流側空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、前記排気浄化触媒の下流側に設けられた下流側空燃比センサと、前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内における、前記上流側空燃比センサの出力の軌跡長と前記下流側空燃比センサの出力の軌跡長とに基づいて、前記排気浄化触媒の劣化を判別する触媒劣化判別手段と、前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中において、前記上流側空燃比センサの出力が前記目標出力に関して反転するごとに、前記上流側空燃比センサの出力の前記目標出力からの振幅と、前記上流側空燃比センサの出力が前記目標出力を横断してから前記目標出力に戻るまでの周期と、を算出し、前記振幅と前記周期とに基づいて前記触媒劣化判別手段において演算される上流側空燃比センサ出力軌跡長を補正する軌跡長補正手段と、を具備する。

【0016】また、第4の発明に係る、内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサと、前記空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内において、前記空燃比センサの出力の軌跡長と、前記空燃比センサの出力と前記目標出力とで囲まれる面積と、を算出し、前記軌跡長と前記面積とに基づいて前記空燃比センサの出力を補正するセンサ出力補正手段と、を具備する。

【0017】また、第5の発明に係る、内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気

ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサと、前記空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内において、前記空燃比センサの出力の軌跡長と、前記空燃比センサの出力と前記目標出力とで囲まれる面積と、を算出し、前記軌跡長と前記面積とに基づいて前記空燃比センサの特性ずれ又は劣化を判別するセンサ異常判別手段と、を具備する。

【0018】また、第6の発明に係る、内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する上流側空燃比センサと、前記上流側空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する上流側空燃比センサ目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する第1の空燃比フィードバック制御手段と、前記排気浄化触媒の下流側に設けられた下流側空燃比センサと、前記下流側空燃比センサの出力と下流側空燃比センサ目標出力との偏差に基づいて前記上流側空燃比センサの出力を補正する第2の空燃比フィードバック制御手段と、前記第1及び第2の空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内において、前記上流側空燃比センサの出力の軌跡長である上流側軌跡長と、前記上流側空燃比センサの出力と前記上流側空燃比センサ目標出力とで囲まれる面積である上流側面積と、少なくとも前記下流側空燃比センサの出力の軌跡長である下流側軌跡長又は前記下流側空燃比センサの出力と前記下流側空燃比センサ目標出力とで囲まれる面積である下流側面積の一方と、を算出し、前記上流側軌跡長と、前記上流側面積と、少なくとも前記下流側軌跡長又は前記下流側面積の一方と、に基づいて前記上流側空燃比センサの特性ずれ又は劣化を判別するセンサ異常判別手段と、を具備する。

【0019】また、第7の発明に係る、内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化触媒と、前記排気浄化触媒の上流側に設けられ、排気ガス中の酸素濃度にほぼ比例する出力特性を有する上流側空燃比センサと、前記上流側空燃比センサの出力と目標空燃比に相当する目標出力との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する空燃比フィードバック制御手段と、前記排気浄化触媒の下流側に設けられた下流側空燃比センサと、前記空燃比フィードバック制御手段による空燃比フィードバック制御の実行中の所定期間内において、前記上流側空燃比センサの出力の軌跡長と、前記下流側空燃比センサの出力の軌跡長と、前記上流側空燃比センサの出力と前記目標出力とで囲まれる面積と、を算出し、前記上流側空燃比セン

サ出力軌跡長と前記面積とに基づいて前記上流側空燃比センサ出力軌跡長を補正し、該補正された上流側空燃比センサ出力軌跡長と前記下流側空燃比センサ出力軌跡長とに基づいて、前記排気浄化触媒の劣化を判別する触媒劣化判別手段と、を具備する。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0021】図5は、本発明の一実施形態に係る空燃比制御装置を備えた電子制御式内燃機関の全体概要図である。エンジンの燃焼に必要な空気は、エアクリーナ2でろ過され、スロットルボデー4を通してサージタンク（インテークマニホールド）6で各気筒の吸気管7に分配される。なお、その吸入空気流量は、スロットルボデー4に設けられたスロットル弁5により調節されるとともに、エアフローメータ40により計測される。また、吸入空気温度は、吸気温度センサ43により検出される。さらに、吸気管圧力は、バキュームセンサ41によって検出される。

【0022】また、スロットル弁5の開度は、スロットル開度センサ42により検出される。また、スロットル弁5が全閉状態のときには、アイドルスイッチ52がオンとなり、その出力であるスロットル全閉信号がアクティブとなる。また、スロットル弁5をバイパスするアイドルアジャスト通路8には、アイドル時の空気流量を調節するためのアイドル回転速度制御弁（ISC V）66が設けられている。

【0023】一方、燃料タンク10に貯蔵された燃料は、燃料ポンプ11によりくみ上げられ、燃料配管12を経て燃料噴射弁60により吸気管7に噴射される。

【0024】吸気管7では、空気と燃料とが混合され、その混合気は、吸気弁24を介してエンジン本体すなわち気筒（シリンダ）20の燃焼室21に吸入される。燃焼室21において、混合気は、ピストン23により圧縮された後、点火されて爆発・燃焼し、動力を発生する。そのような点火は、点火信号を受けたイグナイタ62が、点火コイル63の1次電流の通電及び遮断を制御し、その2次電流が、点火ディストリビュータ64を介してスパークプラグ65に供給されることによりなされる。

【0025】なお、点火ディストリビュータ64には、その軸が例えばクランク角（CA）に換算して720° CAごとに基準位置検出用パルスが発生させる基準位置検出センサ50、及び30° CAごとに位置検出用パルスが発生させるクランク角センサ51が設けられている。なお、実際の車速は、車速を表す出力パルスが発生させる車速センサ53によって検出される。また、エンジン本体（気筒）20は、冷却水通路22に導かれた冷却水により冷却され、その冷却水温度は、水温センサ44によって検出される。



【0026】燃焼した混合気は、排気ガスとして排気弁26を介して排気マニホールド30に放出され、次いで排気管34に導かれる。なお、排気管34には、排気ガス中の酸素濃度に基づき空燃比をリニアに検出するA/Fセンサ45が設けられている。さらにそれより下流の排気系には、触媒コンバータ38が設けられており、その触媒コンバータ38には、排気ガス中の未燃成分(HC、CO)の酸化と窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の還元とを同時に促進する三元触媒が収容されている。こうして触媒コンバータ38において浄化された排気ガスが大気中に排出される。

【0027】また、このエンジンは、A/Fセンサ45による空燃比フィードバック制御の目標制御中心を変動させるべくサブ空燃比フィードバック制御を実施するエンジンであり、触媒コンバータ38より下流の排気系には、 $\text{O}_2$ センサ46が設けられている。

【0028】エンジン電子制御ユニット(エンジンECU)70は、燃料噴射制御(空燃比制御)、点火時期制御、アイドル回転速度制御などに加え、触媒劣化検出処理を実行するマイクロコンピュータシステムであり、そのハードウェア構成は、図6のブロック図に示される。リードオンリメモリ(ROM)73に格納されたプログラム及び各種のマップに従って、中央処理装置(CPU)71は、各種センサ及びスイッチからの信号をA/D変換回路75又は入力インタフェース回路76を介して入力し、その入力信号に基づいて演算処理を実行し、その演算結果に基づき駆動制御回路77a~77dを介して各種アクチュエータ用制御信号を出力する。ランダムアクセスメモリ(RAM)74は、その演算・制御処理過程における一時的なデータ記憶場所として使用される。また、バックアップRAM79は、バッテリー(図示せず)に直接接続されることにより電力の供給を受け、イグニッションスイッチがオフの状態においても保持されるべきデータ(例えば、各種の学習値)を格納するために使用される。また、これらのECU内の各構成要素は、アドレスバス、データバス、及びコントロールバスからなるシステムバス72によって接続されている。

【0029】以上のようなハードウェア構成を有する内燃機関(エンジン)において実行されるECU70のエンジン制御処理について、以下、説明する。

【0030】点火時期制御は、クランク角センサ51から得られるエンジン回転速度及びその他のセンサからの信号により、エンジンの状態を総合的に判定し、最適な点火時期を決定し、駆動制御回路77bを介してイグナイタ62に点火信号を送るものである。

【0031】また、アイドル回転速度制御は、アイドルスイッチ52からのスロットル全閉信号及び車速センサ53からの車速信号によってアイドル状態を検出するとともに、水温センサ44からのエンジン冷却水温度等によって決められる目標回転速度と実際のエンジン回転速

度とを比較し、その差に応じて目標回転速度となるように制御量を決定し、駆動制御回路77cを介してISC V66を制御して空気量を調節することにより、最適なアイドル回転速度を維持するものである。

【0032】以下では、本発明に係る空燃比制御(燃料噴射制御)並びにA/Fセンサ異常検出及び触媒劣化検出について詳細に説明すべく、関連する処理ルーチンの手順を順次示す。

【0033】図7は、筒内空気量推定及び目標筒内燃料量算出ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。本ルーチンは、所定のクランク角ごとに実行される。まず、本ルーチンの前回までの走行により得られている筒内空気量 $MC_i$ 及び目標筒内燃料量 $FCR_i$ を更新する。すなわち、第 $i$ ( $i=0, 1, \dots, n-1$ )回前の $MC_i$ 及び $FCR_i$ を、第“ $i+1$ ”回前の $MC_{i+1}$ 及び $FCR_{i+1}$ とする(ステップ102)。これは、図8に示されるように、過去 $n$ 回分の筒内空気量 $MC_i$ 及び目標筒内燃料量 $FCR_i$ のデータをRAM74内に記憶し、今回新たに $MC_0$ 及び $FCR_0$ を算出するためである。

【0034】次いで、バキュームセンサ41、クランク角センサ51、及びスロットル開度センサ42からの出力に基づいて、現在の吸気管圧力 $PM$ 、エンジン回転速度 $NE$ 、及びスロットル開度 $TA$ を求める(ステップ104)。次いで、これらの $PM$ 、 $NE$ 、及び $TA$ のデータより、筒内に供給される空気量 $MC_0$ を推定する(ステップ106)。なお、一般に、筒内空気量は、吸気管圧力 $PM$ 及びエンジン回転速度 $NE$ から推定可能であるが、本実施例では、スロットル開度 $TA$ の値の変化より過渡状態を検出し、過渡状態においても精密な空気量が算出されるようにしている。

【0035】次いで、筒内空気量 $MC_0$ 及び理論空燃比 $AFT$ に基づき、 $FCR_0 \leftarrow MC_0 / AFT$ なる演算を実行して、混合気をストイキとするために筒内に供給されるべき目標燃料量 $FCR_0$ を算出する(ステップ108)。このようにして算出された筒内空気量 $MC_0$ 及び目標筒内燃料量 $FCR_0$ は、今回得られた最新のデータとして、図8に示されるような形式でRAM74内に記憶される。

【0036】さて、本発明は、A/Fセンサの特性ずれを考慮した空燃比制御及び触媒劣化検出処理を行おうというものであるが、次に、その原理について説明する。図9は、現実に測定されるA/Fセンサ出力電圧 $VAF$ (実線)と実際のA/Fに応じて本来出力されるべきA/Fセンサ出力電圧(実A/F相当電圧)(破線)との関係を、A/Fセンサが、(A)正常な特性を有する場合、(B)出力拡大方向の特性ずれを有する場合、及び(C)出力縮小方向の特性ずれを有する場合、について示す図である。なお、同図では、A/Fセンサ出力電圧

VAFと目標電圧(ストイキ相当電圧)VAFTとの偏差(振幅)が(A)、(B)及び(C)において同一となる場合について比較している。

【0037】空燃比フィードバック制御では、出力電圧VAFと目標電圧VAFTとの偏差が大きいほど燃料補正量が大きくなるように制御される。そのため、出力拡大方向の特性ずれを有するA/Fセンサの場合には、燃料補正量が大きくなり過ぎることとなり、同図(B)に示されるように、出力電圧VAFが目標電圧VAFTを横断してから目標電圧に戻るまでの周期は、正常品

(A)の場合に比較して短くなる。一方、出力縮小方向の特性ずれを有するA/Fセンサの場合には、燃料補正量が小さくなり過ぎることとなり、同図(C)に示されるように、その周期は、正常品(A)の場合に比較して長くなる。

【0038】すなわち、図10に示されるように、A/Fセンサ出力電圧VAFをモニタし、その振幅VPと周期CPERとを算出し、それらの関係より、センサの特性ずれに応じてVAFを補正するための補正係数Kを求めることができる。図11は、振幅VPと周期CPERとに基づいてA/Fセンサ出力電圧補正係数Kを求めるためのマップを例示する図である。この図に示されるように、ある特定の振幅VPにおいてその周期CPERが通常よりも大きくなっているほど、出力縮小方向の特性ずれが大きいと認められるため、補正係数Kは、1.0よりも大きな値とされていく。一方、ある特定の振幅VPにおいてその周期CPERが通常よりも小さくなっているほど、出力拡大方向の特性ずれが大きいと認められるため、補正係数Kは、1.0よりも小さな値とされていく。

【0039】以上のような補正係数Kを求めるとともに、A/Fセンサの特性ずれ及び劣化を検出する処理を具体化したA/Fセンサ特性学習ルーチンは、図12及び図13のフローチャートに示される。このルーチンは、所定の時間周期で実行される。まず、A/Fセンサ45の出力電圧VAFを検出する(ステップ202)。次いで、検出されたVAFが目標電圧(すなわちストイキ相当電圧)VAFT(例えば3.3V)に関し、前回検出値から反転したか否かを判定する(ステップ204)。

【0040】VAFが反転していない場合には、VAFとVAFTとを比較する(ステップ230)。そして、 $VAF < VAFT$ のときには、本ルーチンの前回までの走行により求められてきているリッチ側ピーク値(リッチ側振幅)VPよりVAFが小さいか否かを判定し(ステップ232)、 $VAF < VP$ のときにはそのVAFの値を用いてVPを更新する(ステップ236)。同様に、 $VAF \geq VAFT$ のときには、本ルーチンの前回までの走行により求められてきているリーン側ピーク値(リーン側振幅)VPよりVAFが大きい

し(ステップ234)、 $VP < VAF$ のときにはそのVAFの値を用いてVPを更新する(ステップ236)。ステップ232、234又は236の次に実行されるステップ238では、出力電圧VAFが目標電圧VAFTを横断してからVAFTに戻るまでの周期を計時するためのカウンタCPERをインクリメントする。

【0041】一方、ステップ204においてVAFが反転したと認められた場合には、本ルーチンの前回までの走行により求められている振幅VPが、所定の範囲に入っているか否か、すなわち $V_0 < VP < V_1$  又は  $V_2 < VP < V_3$  (図14参照)が満足されるか否かを判定する(ステップ206)。このようにVPが所定の範囲にあるときのみA/Fセンサ特性の学習処理が実行されるのは、その学習の精度を高めるためである。ステップ206の判定結果がNOのときには、後述するステップ228に進む。

【0042】ステップ206の判定結果がYESのときには、振幅VP及び周期CPERに基づいて図11に示されるマップを参照することにより、補正係数Kを求める(ステップ208)。なお、このマップは、予めROM73に格納されている。次いで、補正係数Kのなまし演算を実行する(ステップ210)。すなわち、前回までに算出されてきたなまし値KSMを、演算式、
$$KSM \leftarrow KSM + (K - KSM) / m$$
$$= [(m-1)KSM + K] / m$$
により更新して、これをなまし後の補正係数Kとする。なお、mはなまし率であり、なまし演算は、前回までのなまし値に(m-1)の重みを付け、今回の算出値に1の重みを付けて平均をとり、これを新たななまし値とするものである。

【0043】次いで、ステップ212では、補正係数Kが上限側異常判定基準値 $K_1$ より大きい

か否かを判定する。 $K_1 < K$ のときには、異常あり(出力劣化)とみなし、所定のアラームフラグALMAFを1にするとともに(ステップ220)、アラームランプ68(図5参照)を点灯する(ステップ222)。また、ステップ214では、補正係数Kが下限側異常判定基準値 $K_0$ より小さいか否かを判定する。 $K < K_0$ のときには、異常あり(レンジ外れ)とみなし、所定のアラームフラグALMAFを2にするとともに(ステップ218)、アラームランプ68を点灯する(ステップ222)。

【0044】一方、 $K_0 \leq K \leq K_1$ のときには、異常なしとみなし、アラームフラグALMAFを0とする(ステップ216)。アラームフラグALMAFは、修理点検時に収集されることができるよう、バックアップRAM79に格納される(ステップ224)。次いで、ステップ226では、補正係数Kが極端な値をとることを避けるために所定の範囲内に制限するガード処理が実行される。次いで、ステップ228では、次の振幅・周期算出処理に備えて、VP及びCPERを初期化する。そ

の後は、前述したステップ230以降に進む。このようにして求められたA/Fセンサ出力特性補正係数Kは、後述のメイン空燃比フィードバック制御及び触媒劣化検出において利用される。

【0045】図15は、メイン空燃比フィードバック制御ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。このルーチンは、所定のクランク角ごとに実行される。まず、フィードバックを実行すべき条件が成立するか否かを判定する（ステップ302）。例えば、冷却水温が所定値以下の時、機関始動中、始動後増量中、暖機増量中、A/Fセンサ45の出力信号変化がない時、燃料カット中、等はフィードバック条件不成立となり、その他の場合は条件成立となる。条件不成立のときには、フィードバック制御による燃料補正量DFを0とし（ステップ320）、本ルーチンを終了する。

【0046】フィードバック条件成立時には、本ルーチンの前回までの走行により得られている燃料量差（実際に燃焼せしめられた燃料量と目標筒内燃料量との差） $FD_i$ を更新する。すなわち、第i（ $i=0, 1, \dots, m-1$ ）回前の $FD_i$ を第“i+1”回前の $FD_{i+1}$ とする（ステップ304）。これは、過去m回分の燃料量差 $FD_i$ のデータをRAM74内に記憶し、今回新たに燃料量差 $FD_0$ を算出するためである。

【0047】次いで、A/Fセンサ45の出力電圧値VAFを検出する（ステップ306）。次いで、後述するサブ空燃比フィードバック制御により算出されているA/Fセンサ出力電圧補正量DVにより、 $VAF \leftarrow VAF + DV$

なる演算を実行して、A/Fセンサ出力電圧VAFを補正する（ステップ308）。このような補正により、サブ空燃比フィードバック制御において目標電圧に達するまで、空燃比変動の中心が徐々にシフトしていくこととなる。

【0048】次いで、前述したA/Fセンサ特性学習ルーチンにより既に補正係数Kの学習が完了しているか否かを判定し（ステップ310）、Kの学習が完了しているときには、

$$VAF \leftarrow (VAF - VAF_T) * K + VAF_T$$

なる演算により、出力特性補正後のVAFを求める（ステップ312）。そして、このような補正後のVAFに基づき図2の特性図を参照することにより、現在の空燃比ABFを決定する（ステップ314）。なお、図2の特性図は、マップ化されてROM73にあらかじめ格納されている。

【0049】次に、筒内空気量推定及び目標筒内燃料量算出ルーチンにより既に算出されている筒内空気量 $MC_n$ 及び目標筒内燃料量 $FCR_n$ （図8参照）に基づき、 $FD_0 \leftarrow MC_n / ABF - FCR_n$

なる演算により、実際に燃焼せしめられた燃料量と目標筒内燃料量との差を求める（ステップ316）。なお、

このようにn回前の筒内空気量 $MC_n$ 及び目標筒内燃料量 $FCR_n$ を採用する理由は、現在A/Fセンサにより検出されている空燃比と実際の燃焼との時間差を考慮したためである。換言すれば、過去n回分の筒内空気量 $MC_i$ 及び目標筒内燃料量 $FCR_i$ を記憶しておく必要があるのは、そのような時間差のためである。

【0050】次いで、

$$DF \leftarrow K_{fp} * FD_0 + K_{fs} * \sum FD_i$$

なる演算により、比例・積分制御（PI制御）による燃料補正量DFが決定される（ステップ318）。なお、右辺第1項はPI制御の比例項であり、 $K_{fp}$ は比例項ゲインである。また、右辺第2項はPI制御の積分項であり、 $K_{fs}$ は積分項ゲインである。

【0051】図16は、サブ空燃比フィードバック制御ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。このルーチンは、メイン空燃比フィードバック制御ルーチンの場合よりも長い所定の時間周期で実行される。まず、メイン空燃比フィードバックの場合と同様に、サブ空燃比フィードバック制御を実行すべき条件が成立するか否かを判定する（ステップ402）。条件不成立の場合には、A/Fセンサ出力電圧補正量DVを0に設定し（ステップ412）、本ルーチンを終了する。

【0052】フィードバック条件成立時には、本ルーチンの前回までの走行により得られている電圧差（実際に検出された $O_2$ センサ出力電圧と目標 $O_2$ センサ出力電圧との差） $VD_i$ を更新する。すなわち、第i（ $i=0, 1, \dots, p-1$ ）回前の $VD_i$ を第“i+1”回前の $VD_{i+1}$ とする（ステップ404）。これは、過去p回分の電圧差 $VD_i$ のデータをRAM74内に記憶し、今回新たに電圧差 $VD_0$ を算出するためである。

【0053】次いで、 $O_2$ センサ46の出力電圧VOSを検出する（ステップ406）。次いで、そのVOS及び目標 $O_2$ センサ出力電圧VOST（例えば0.5V）に基づいて、

$$VD_0 \leftarrow VOS - VOST$$

なる演算を実行することにより、最新の電圧差 $VD_0$ を求める（ステップ408）。

【0054】最後に、

$$DV \leftarrow K_{vp} * VD_0 + K_{vs} * \sum VD_i$$

なる演算により、PI制御によるA/Fセンサ出力電圧補正量DVを決定する（ステップ410）。なお、 $K_{vp}$ 及び $K_{vs}$ は、それぞれ比例項及び積分項のゲインである。こうして求められた補正量DVは、前述したように、メイン空燃比フィードバック制御ルーチンにおいて、A/Fセンサによるフィードバック制御の制御中心電圧を変化させるために使用される。

【0055】図17は、燃料噴射制御ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。このルーチンは、所定のクランク角ごとに実行される。最初に、前述した筒内空気量推定及び目標筒内燃料量算出ルーチンにおいて算

出された目標筒内燃料量 $FCR_0$ 、及びメイン空燃比フィードバック制御ルーチンにおいて算出されたフィードバック補正量 $DF$ に基づき、

$$FI \leftarrow FCR_0 * \alpha + DF + \beta$$

なる演算を実行して、燃料噴射量 $FI$ を決定する（ステップ502）。なお、 $\alpha$ 及び $\beta$ は、他の運転状態パラメータによって定まる乗算補正係数及び加算補正量である。例えば、 $\alpha$ には、吸気温センサ43、水温センサ44等の各センサからの信号に基づく基本的な補正が含まれ、また、 $\beta$ には、燃料の壁面付着量（過渡運転状態において吸気管圧力の変化に伴い変化する）の変化に基づく補正が含まれている。最後に、求められた燃料噴射量 $FI$ を燃料噴射弁60の駆動制御回路77aにセットする（ステップ504）。

【0056】図18及び図19は、触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。本ルーチンは、所定の時間周期で実行される。まず、ステップ602では、劣化判定のためのモニタ条件が成立するか否かを判定し、モニタ条件不成立の場合には本ルーチンを終了し、モニタ条件成立の場合にはステップ604以降の処理に進む。このモニタ条件は、例えば、A/Fセンサ45の出力に基づくメイン空燃比フィードバック制御中であること、 $O_2$ センサ46の出力に基づくサブ空燃比フィードバック制御中であること、機関負荷が所定値以上であること等である。

【0057】ステップ604では、A/Fセンサ45の出力電圧 $VAF$ 及び $O_2$ センサ46の出力電圧 $VOS$ を検出する。次いで、ステップ606では、 $VAF$ の軌跡長 $LVAF$ を、

$$LVAF \leftarrow LVAF + |VAF - VAF0|$$

なる演算により更新する。次いで、ステップ608では、 $VOS$ の軌跡長 $LVOS$ を、

$$LVOS \leftarrow LVOS + |VOS - VOS0|$$

なる演算により更新する。次いで、ステップ610では、次の実行に備え、

$$VAF0 \leftarrow VAF$$

$$VOS0 \leftarrow VOS$$

とする。なお、A/Fセンサの軌跡長 $LVAF$ の算出において、A/Fセンサ出力の最大値と最小値との差（振幅）が瞬間的に閾値を超えた場合、軌跡長 $LVAF$ 及び $LVOS$ の積算をストップ（積算値はホールド）し、閾値以下となった時点で積算を再開するようにしてもよい。

【0058】次いで、ステップ612では、モニタ時間を計測するためのカウンタ $CTIME$ をインクリメントし、ステップ614では、そのカウンタの値が所定値 $C_0$ を超えたか否かを判定する。 $CTIME > C_0$ のときにはステップ616に進み、 $CTIME \leq C_0$ のときには本ルーチンを終了する。ステップ616では、前述したA/Fセンサ特性学習ルーチンにより既に補正係数 $K$

の学習が完了しているか否かを判定し、 $K$ の学習が完了しているときには、ステップ618にて、

$$LVAF \leftarrow LVAF * K$$

なる演算を実行して、A/Fセンサ出力電圧軌跡長 $LVAF$ を出力特性補正係数 $K$ により補正する。次のステップ620では、 $LVAF$ の値に応じた劣化判定基準値 $L_{ref}$ を決定する。この $L_{ref}$ は、 $LVAF$ が大きいほど、それに応じて大きくなるような基準値である（図4参照）。

【0059】次いで、ステップ622では、 $O_2$ センサ出力軌跡長 $LVOS$ がその劣化判定基準値 $L_{ref}$ 以上か否かを判定する。 $LVOS \geq L_{ref}$ のときには、触媒劣化ありとみなし、所定のアラームフラグ $ALMCC$ を1にするとともに（ステップ624）、アラームランプ68（図5参照）を点灯する（ステップ626）。 $LVOS < L_{ref}$ のときには、触媒劣化なしとみなし、アラームフラグ $ALMCC$ を0とする（ステップ628）。アラームフラグ $ALMCC$ は、修理点検時に収集されることができるよう、バックアップRAM79に格納される（ステップ630）。最後のステップ632では、今回の触媒劣化判定に備え、 $CTIME$ 、 $LVAF$ 、 $LVOS$ がクリアされる。

【0060】次に、以上の第1の実施形態を改良した第2の実施形態について説明する。第2の実施形態では、前述したA/Fセンサ特性学習ルーチン（図12及び図13）と触媒劣化検出ルーチン（図18及び図19）とに代えて、新たにA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンという1つのルーチンが設けられる。その他のルーチンは、第1の実施形態と同一である。第1の実施形態では、振幅 $VP$ と周期 $C_{PER}$ とに基づいて出力特性補正係数 $K$ を算出したが、第2の実施形態では、A/Fセンサ45の出力電圧 $VAF$ の軌跡長 $LVAF$ と、 $VAF$ 及び目標電圧 $VAF_T$ で囲まれる面積 $AVAF$ とを算出し、その軌跡長 $LVAF$ と面積 $AVAF$ との関係に基づいてA/Fセンサ45の出力特性補正係数 $K$ を求めるようにする。これにより、触媒劣化判定のためのモニタとA/Fセンサ特性学習のためのモニタとを合体することが可能となり、処理が簡素化されるという効果がある。まず、第2の実施形態の原理について説明する。

【0061】図20（A）及び（B）に示されるように、周期が同じであれば、所定の時間において出力電圧 $VAF$ と目標電圧 $VAF_T$ とで囲まれる面積 $AVAF$ （斜線部）は、ほぼ振幅に比例しているといえる。また、図21（A）及び（B）に示されるように、振幅が同じであれば、所定の時間における出力電圧 $VAF$ の軌跡長 $LVAF$ は、ほぼ周波数に比例している（すなわち、周期に反比例している）といえる。従って、A/Fセンサの出力特性を推定するために第1の実施形態で採用した振幅 $VP$ 及び周期 $C_{PER}$ に代えて、軌跡長 $LVAF$ 及び面積 $AVAF$ を採用するこ

とができる。

【0062】すなわち、第2の実施形態では、A/Fセンサ出力電圧VAFをモニタし、その軌跡長LVAFと面積AVAFとを算出し、それらの関係より、A/Fセンサの出力特性を補正するための補正係数Kを求める。図22は、軌跡長LVAFと面積AVAFとに基づいてA/Fセンサ出力特性補正係数Kを求めるためのマップを例示する図である。この図に示されるように、ある特定の面積AVAFに対しその軌跡長LVAFが通常よりも大きくなっているときには、出力拡大方向の特性ずれが大きいと認められるため、補正係数Kは、1.0よりも小さな値とされる。一方、ある特定の面積AVAFに対しその軌跡長LVAFが通常よりも小さくなっているときには、出力縮小方向の特性ずれが大きいと認められるため、補正係数Kは、1.0よりも大きな値とされる。

【0063】以上のような知見に基づく第2の実施形態に係るA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンは、図23、図24及び図25のフローチャートに示される。このルーチンは、所定の時間周期で実行される。まず、ステップ702では、触媒劣化判定のためのモニタ条件が成立するか否かを判定し、モニタ条件不成立の場合には本ルーチンを終了し、モニタ条件成立の場合にはステップ704以降の処理に進む。ステップ704では、A/Fセンサ45の出力電圧VAF及びO<sub>2</sub>センサ46の出力電圧VOSを検出する。

【0064】次いで、ステップ706では、VAFの軌跡長LVAFを、

$$LVAF \leftarrow LVAF + |VAF - VAFO|$$

なる演算により更新する。次いで、ステップ708では、VAFとVAFTとで囲まれる面積AVAFを、

$$AVAF \leftarrow AVAF + |VAF - VAFT|$$

なる演算により更新する。なお、この面積演算は、図26に示されるように近似計算となっている。次のステップ710では、VOSの軌跡長LVOSを、

$$LVOS \leftarrow LVOS + |VOS - VOSO|$$

なる演算により更新する。次いで、ステップ712では、次回の実行に備え、

$$VAFO \leftarrow VAF$$

$$VOSO \leftarrow VOS$$

とする。

【0065】次いで、ステップ714では、モニタ時間を計測するためのカウンタCTIMEをインクリメントし、ステップ716では、そのカウンタの値が所定値C<sub>0</sub>を超えたか否かを判定する。CTIME > C<sub>0</sub>のときにはステップ718に進み、CTIME ≤ C<sub>0</sub>のときには本ルーチンを終了する。ステップ718では、軌跡長LVAF及び面積AVAFに基づいて図22に示されるマップを参照することにより、補正係数Kを求める。なお、このマップは、予めROM73に格納されている。

【0066】次いで、ステップ720では、補正係数Kが上限側異常判定基準値K<sub>1</sub>より大きいかなかを判定する。K<sub>1</sub> < Kのときには、異常あり（出力劣化）とみなし、所定のアラームフラグALMAFを1にするとともに（ステップ728）、アラームランプ68（図5参照）を点灯する（ステップ730）。また、ステップ722では、補正係数Kが下限側異常判定基準値K<sub>0</sub>より小さいかなかを判定する。K < K<sub>0</sub>のときには、異常あり（レンジ外れ）とみなし、アラームフラグALMAFを2にするとともに（ステップ726）、アラームランプ68を点灯する（ステップ730）。一方、K<sub>0</sub> ≤ K ≤ K<sub>1</sub>のときには、異常なしとみなし、アラームフラグALMAFを0とする（ステップ724）。アラームフラグALMAFは、修理点検時に収集されることができるよう、バックアップRAM79に格納される（ステップ732）。

【0067】次いで、ステップ734では、

$$LVAF \leftarrow LVAF * K$$

なる演算を実行して、A/Fセンサ出力電圧軌跡長LVAFを出力特性補正係数Kにより補正する。次のステップ736では、LVAFの値に応じた劣化判定基準値L<sub>ref</sub>を決定する。このL<sub>ref</sub>は、LVAFが大きいほど、それに応じて大きくなるような基準値である。

【0068】次いで、ステップ736では、O<sub>2</sub>センサ出力軌跡長LVOSがその劣化判定基準値L<sub>ref</sub>以上かなかを判定する。LVOS ≥ L<sub>ref</sub>のときには、触媒劣化ありとみなし、所定のアラームフラグALMCCを1にするとともに（ステップ740）、アラームランプ68（図5参照）を点灯する（ステップ742）。LVOS < L<sub>ref</sub>のときには、触媒劣化なしとみなし、アラームフラグALMCCを0とする（ステップ744）。アラームフラグALMCCは、修理点検時に収集されることができるよう、バックアップRAM79に格納される（ステップ746）。最後のステップ748では、次の判定処理に備え、CTIME、LVAF、AVAF及びLVOSがクリアされる。

【0069】最後に、前記第2の実施形態を改良した第3の実施形態について説明する。第2の実施形態では、メイン空燃比フィードバック補正量がA/Fセンサの出力に基づくことを考慮し、A/Fセンサ出力VAFが描く軌跡長LVAF及び面積AVAFに基づいてA/Fセンサの異常が判別される。しかしながら、O<sub>2</sub>センサの出力に基づくサブ空燃比フィードバック制御が実施されている場合においては、触媒の劣化度が大きいとき又はO<sub>2</sub>センサの劣化度が大きいときに、以下の理由により、かかるA/Fセンサ異常判別に不都合が生ずるおそれがある。

【0070】サブ空燃比フィードバック制御実施時には、前述のように、O<sub>2</sub>センサの出力に基づきA/Fセンサの出力が補正され、その補正されたA/Fセンサ出

力に基づきメイン空燃比フィードバック補正量が決定される。すなわち、図27(B)に示されるように $O_2$  センサ出力電圧VOSがリーンを示すときには、図27(A)の破線に示されるようにA/Fセンサ出力電圧VAFがリーン側に見かけ上補正されることにより、リッチ側に戻すためのメイン空燃比フィードバック量が意図的に大きくされる。一方、 $O_2$  センサ出力電圧VOSがリッチを示すときには、A/Fセンサ出力電圧VAFがリッチ側に見かけ上補正されることにより、リーン側に戻すためのメイン空燃比フィードバック量が意図的に大きくされる。

【0071】ところで、触媒の劣化度が大きくなると、触媒から流出するガスのA/F変化は触媒に流入するガスのA/F変化に追従するようになり、 $O_2$  センサの出力の振れが速くなる。そうすると、サブ空燃比フィードバック補正量が過度に大きくなり、その結果、A/Fの荒れも大きくなる。A/Fの荒れが大きくなれば、A/Fセンサ出力電圧VAFが描く軌跡長LVAF及び面積AVAFはともに大きくなる。実際、A/Fセンサ出力特性補正係数Kを求めるためのマップ(図22)において特定される点が、図28における例えば点 $P_0$  から点 $P_1$  への変位のように、Kの値が増加する方向にずれることが判明している。従って、触媒の劣化度が大きいときには、Kの値を小さくするような補正を施すことが好ましい。なお、触媒の劣化は、結果的に $O_2$  センサ出力電圧VOSの軌跡長LVOSの増大につながる。そこで、図29(A)に示されるようなマップにより触媒劣化分補正係数 $K_c$  を求め、Kを補正することが考えられる。

【0072】また、 $O_2$  センサの劣化度が大きくなると、 $O_2$  センサの出力の振れが小さくなる。そうすると、サブ空燃比フィードバック補正量が小さくなり、その結果、A/Fセンサの振幅も小さくなる。そのため、A/Fセンサ出力電圧VAFが描く軌跡長LVAF及び面積AVAFはともに小さくなる。実際、A/Fセンサ出力特性補正係数Kを求めるためのマップ(図22)において特定される点が、図28における例えば点 $P_2$  から点 $P_3$  への変位のように、Kの値が減少する方向にずれることが判明している。従って、 $O_2$  センサの劣化度が大きいときには、Kの値を大きくするような補正を施すことが好ましい。なお、 $O_2$  センサの劣化により $O_2$  センサの出力の振れが小さくなることは、 $O_2$  センサ出力電圧VOSとその目標電圧VOSTとで囲まれる面積AVOSが小さくなることにつながる。そこで、図29(B)に示されるようなマップにより $O_2$  センサ劣化分補正係数 $K_s$  を求め、Kを補正することが考えられる。

【0073】図30、図31及び図32は、以上のような知見に基づく第3の実施形態に係るA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。以下、第3の実施形態と第2の実施形

態との相違点について説明する。まず、第3の実施形態では、A/Fセンサ45の出力電圧VAFが描く軌跡長LVAF及び面積AVAF並びに $O_2$  センサ46の出力電圧VOSが描く軌跡長LVOSに加え、VOSと目標 $O_2$  センサ出力電圧VOSTとで囲まれる面積AVOSも、

$$AVOS \leftarrow AVOS + |VOS - VOST|$$

なる演算により求められる(ステップ812)。

【0074】そして、LVAF及びAVAFに基づいてA/Fセンサ出力特性補正係数(A/Fセンサ劣化度判定値)Kを求めるステップ820に続き、Kを触媒劣化分及び $O_2$  センサ劣化分に応じて補正するためのステップ822、824及び826が追加されている。すなわち、ステップ822では、図29(A)に示されるマップを参照することにより、 $O_2$  センサ出力電圧軌跡長LVOSに応じた触媒劣化分補正係数 $K_c$  が求められる。次いで、ステップ824では、図29(B)に示されるマップを参照することにより、 $O_2$  センサ出力電圧VOSに係る面積AVOSに応じた $O_2$  センサ劣化分補正係数 $K_s$  が求められる。なお、これらのマップは、予めROM73に格納されている。そして、ステップ826では、

$$K \leftarrow K * K_c * K_s$$

なる演算により、Kが補正される。以下の処理は、この補正後のKを用いて第2の実施形態と同様に行われる。なお、必要に応じ、触媒劣化分又は $O_2$  センサ劣化分のいずれか一方のみを補償するようにしてももちろんよい。

【0075】以上、本発明の実施形態について述べてきたが、もちろん本発明はこれに限定されるものではない。例えば、上記実施形態は、触媒下流側に、排気ガス中の酸素濃度に対しZ字状の出力特性を有する $O_2$  センサを設けているが、触媒上流側と同様に、触媒下流側においても、排気ガス中の酸素濃度にはほぼ比例する出力特性を有する空燃比センサ(A/Fセンサ)を設けるようにしてもよい。

【0076】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、排気浄化触媒の上流側に排気ガス中の酸素濃度にはほぼ比例する出力特性を有するA/Fセンサを設け、A/Fセンサの出力によって表される空燃比と目標空燃比との偏差に基づいて空燃比が目標空燃比となるようにフィードバック制御する内燃機関の空燃比制御装置において、A/Fセンサの特性ずれが推定され、それを考慮した空燃比フィードバック制御及び触媒劣化判定が行われるとともに、A/Fセンサの特性ずれ又は劣化が判別される。従って、本発明は、空燃比制御精度を向上させることにより、排気ガス浄化性能を更に改善し、大気汚染防止に大きく寄与するものである。

【図面の簡単な説明】



【図1】空燃比と $O_2$  センサ出力電圧との関係を示す特性図である。

【図2】空燃比とA/Fセンサ出力電圧との関係を示す特性図である。

【図3】A/Fセンサの特性ずれを説明するための図である。

【図4】触媒劣化検出処理における誤検出を説明するための図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る空燃比制御装置を備えた電子制御式内燃機関の全体概要図である。

【図6】本発明の一実施形態に係るエンジンECUのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図7】筒内空気量推定及び目標筒内燃料量算出ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図8】推定された筒内空気量及び算出された目標筒内燃料量の記憶状態を説明するための図である。

【図9】測定されるA/Fセンサ出力電圧VAF（実線）と実際のA/Fに応じて本来出力されるべきA/Fセンサ出力電圧（実A/F相当電圧）（破線）との関係を、A/Fセンサが、（A）正常な特性を有する場合、（B）出力拡大方向の特性ずれを有する場合、（C）出力縮小方向の特性ずれを有する場合、について示す図である。

【図10】振幅VP及び周期C PERについて説明するための図である。

【図11】振幅VPと周期C PERとに基づいてA/Fセンサ出力特性補正係数Kを求めるためのマップを例示する図である。

【図12】A/Fセンサ特性学習ルーチンの処理手順を示すフローチャート（1/2）である。

【図13】A/Fセンサ特性学習ルーチンの処理手順を示すフローチャート（2/2）である。

【図14】振幅VPに基づく学習条件を説明するための図である。

【図15】メイン空燃比フィードバック制御ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図16】サブ空燃比フィードバック制御ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図17】燃料噴射制御ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図18】触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャート（1/2）である。

【図19】触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャート（2/2）である。

【図20】軌跡長と面積との関係に基づくA/Fセンサ特性学習の原理を説明するための波形図（その1）である。

【図21】軌跡長と面積との関係に基づくA/Fセンサ特性学習の原理を説明するための波形図（その2）である。

【図22】軌跡長LVAFと面積AVAFとに基づいてA/Fセンサ出力特性補正係数Kを求めるためのマップを例示する図である。

【図23】第2の実施形態に係るA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャート（1/3）である。

【図24】第2の実施形態に係るA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャート（2/3）である。

【図25】第2の実施形態に係るA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャート（3/3）である。

【図26】面積AVAFの演算方法について説明するための図である。

【図27】サブ空燃比フィードバック制御について説明するための図である。

【図28】触媒の劣化又は $O_2$  センサの劣化によりKの値のずれることを説明するための図である。

【図29】（A）は、触媒劣化分に応じてKを補正するための補正係数 $K_c$ を $O_2$  センサ出力に係る軌跡長LVOSに応じて定めたマップを示す図であり、（B）は、 $O_2$  センサ劣化分に応じてKを補正するための補正係数 $K_s$ を $O_2$  センサ出力に係る面積AVOSに応じて定めたマップを示す図である。

【図30】第3の実施形態に係るA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャート（1/3）である。

【図31】第3の実施形態に係るA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャート（2/3）である。

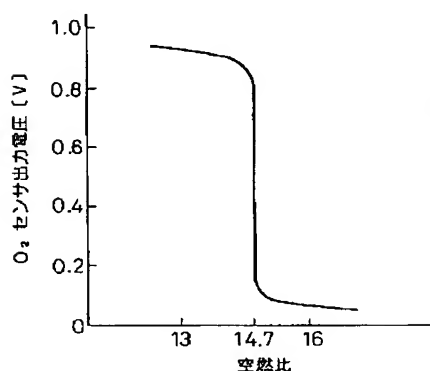
【図32】第3の実施形態に係るA/Fセンサ特性学習及び触媒劣化検出ルーチンの処理手順を示すフローチャート（3/3）である。

【符号の説明】

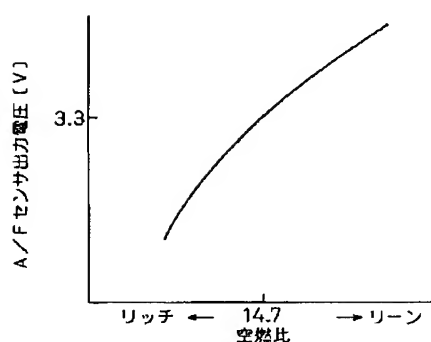
- 2…エアクリーナ
- 4…スロットルボデー
- 5…スロットル弁
- 6…サージタンク（インテークマニホールド）
- 7…吸気管
- 8…アイドルアジャスト通路
- 10…燃料タンク
- 11…燃料ポンプ
- 12…燃料配管
- 20…エンジン本体（気筒）
- 21…燃焼室
- 22…冷却水通路
- 23…ピストン
- 24…吸気弁
- 26…排気弁
- 30…排気マニホールド

- |               |                           |
|---------------|---------------------------|
| 34…排気管        | 63…点火コイル                  |
| 38…触媒コンバータ    | 64…点火ディストリビュータ            |
| 40…エアフローメータ   | 65…スパークプラグ                |
| 41…バキュームセンサ   | 66…アイドル回転速度制御弁 (ISC V)    |
| 42…スロットル開度センサ | 68…アラームランプ                |
| 43…吸気温センサ     | 70…エンジンECU                |
| 44…水温センサ      | 71…CPU                    |
| 45…A/Fセンサ     | 72…システムバス                 |
| 46… $O_2$ センサ | 73…ROM                    |
| 50…基準位置検出センサ  | 74…RAM                    |
| 51…クランク角センサ   | 75…A/D変換回路                |
| 52…アイドルスイッチ   | 76…入力インタフェース回路            |
| 53…車速センサ      | 77a, 77b, 77c, 77d…駆動制御回路 |
| 60…燃料噴射弁      | 79…バックアップRAM              |
| 62…イグナイタ      |                           |

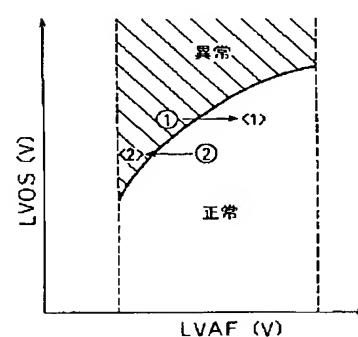
【図1】



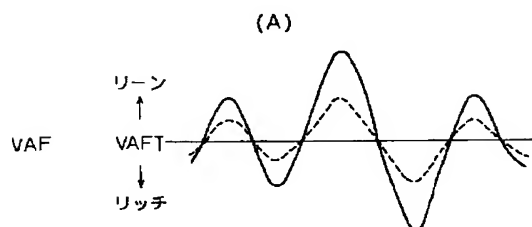
【図2】



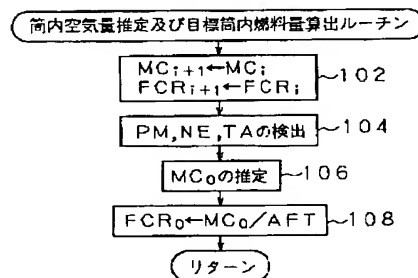
【図4】



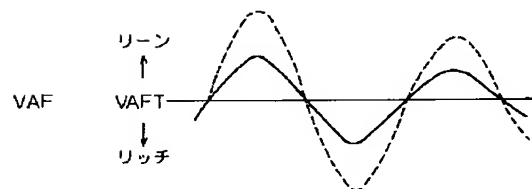
【図3】



【図7】



(B)

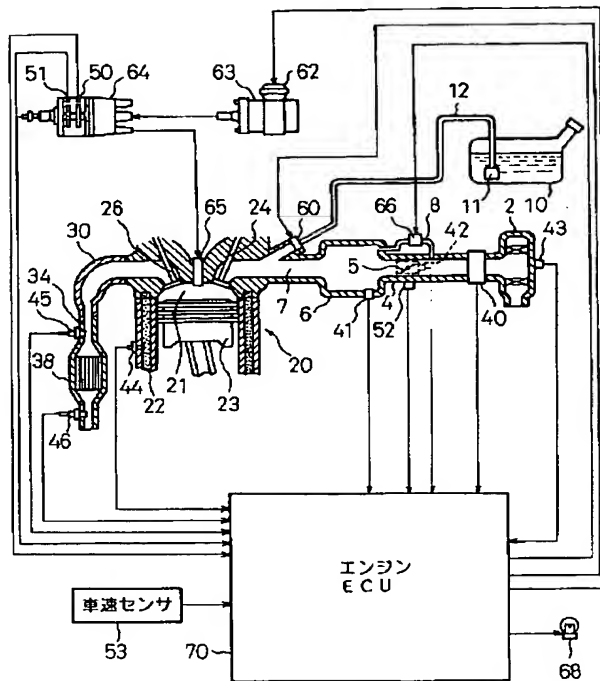


【図8】

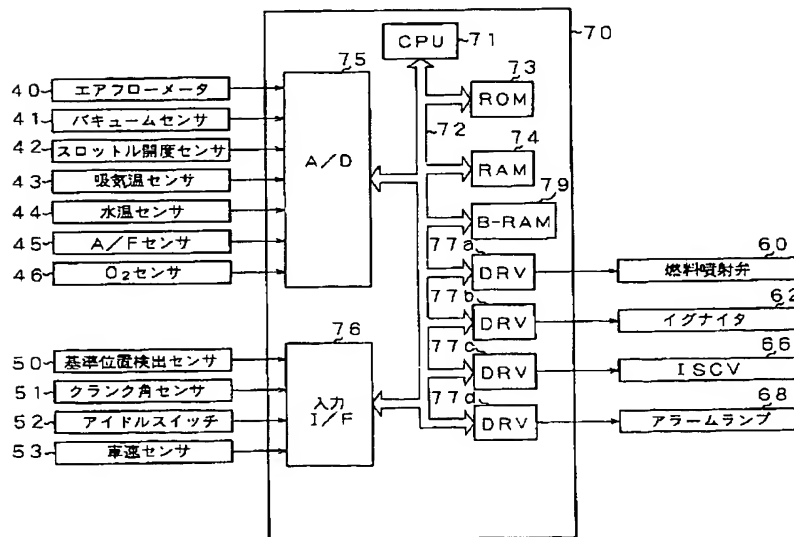
	n回前	2回前	1回前	今回
推定筒内 空気量	$MC_n$	$MC_2$	$MC_1$	$MC_0$
目標筒内 燃料量	$FCR_n$	$FCR_2$	$FCR_1$	$FCR_0$



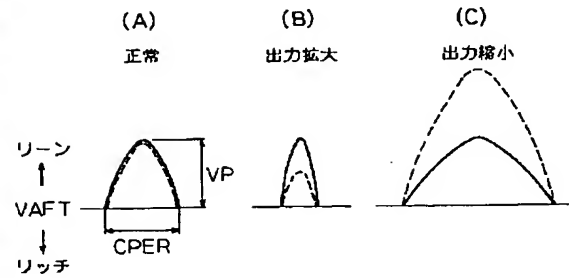
【図5】



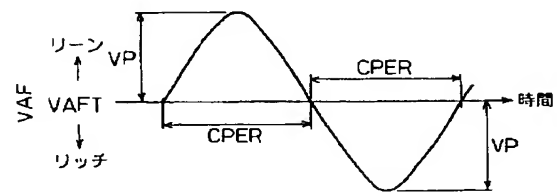
【図6】



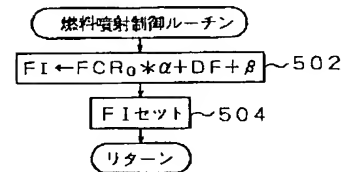
【図9】



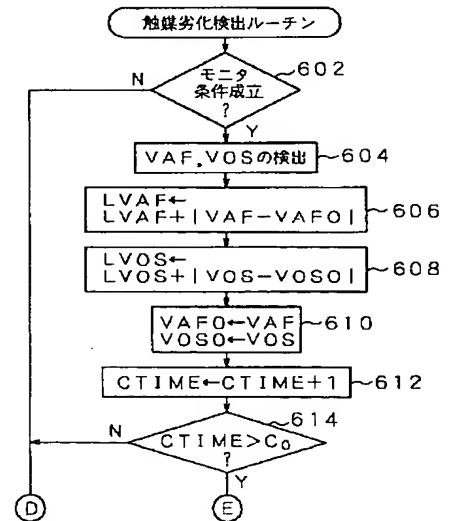
【図10】



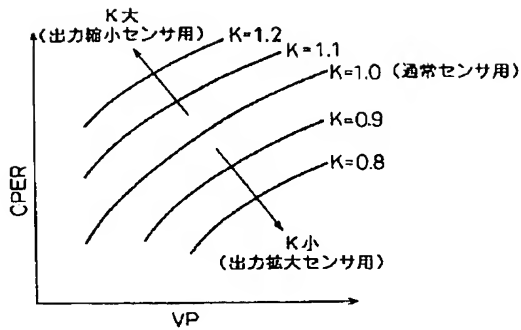
【図17】



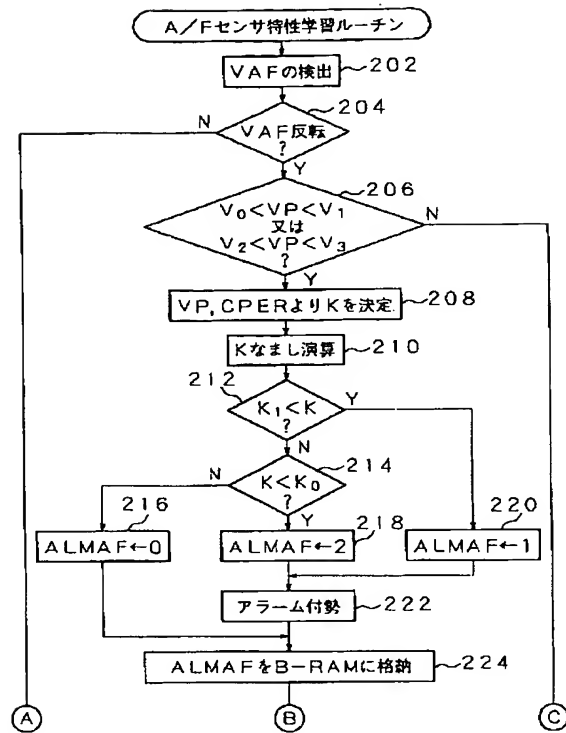
【図18】



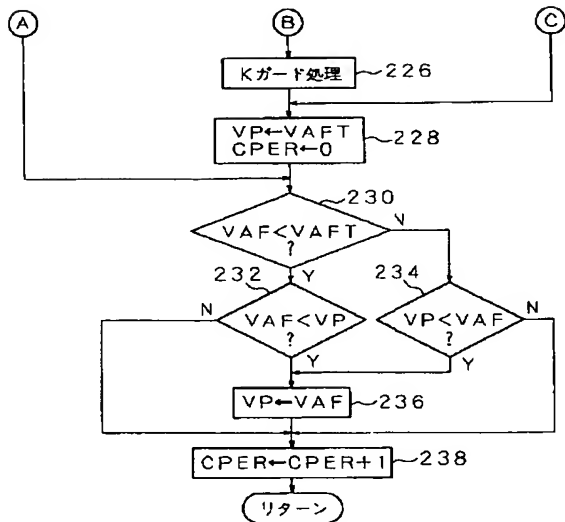
【図11】



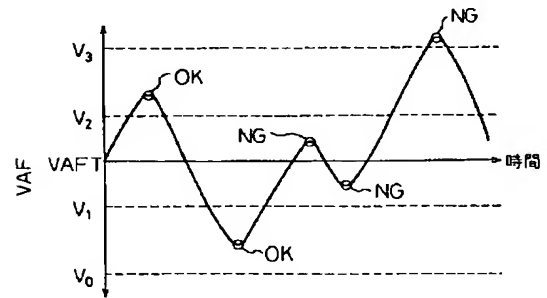
【図12】



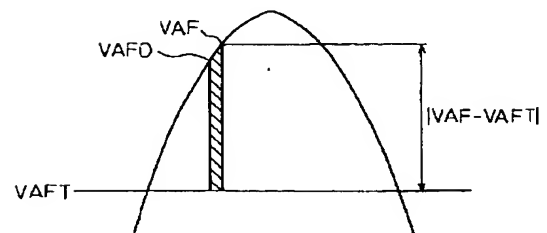
【図13】



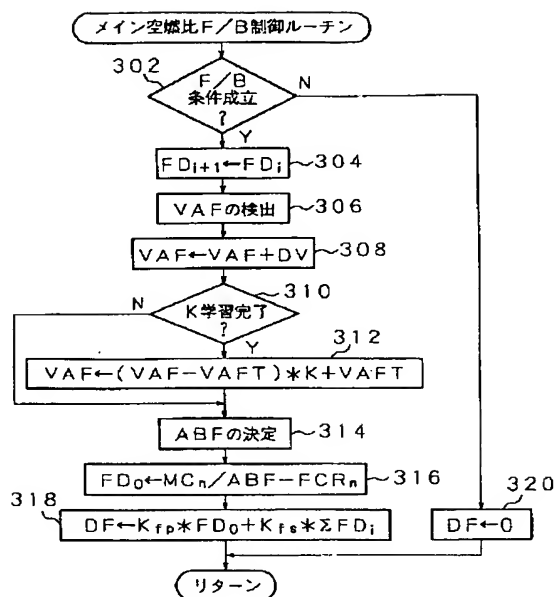
【図14】



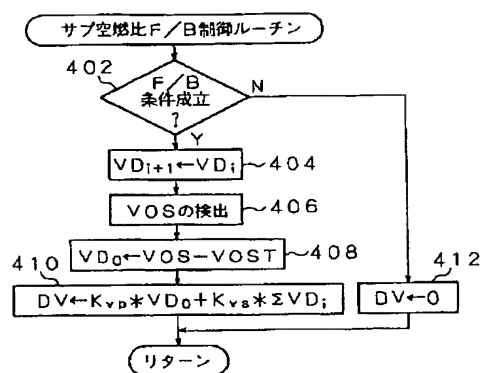
【図26】



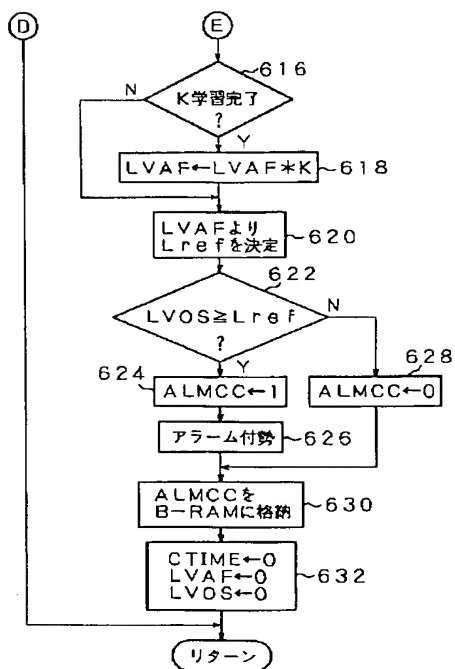
【図15】



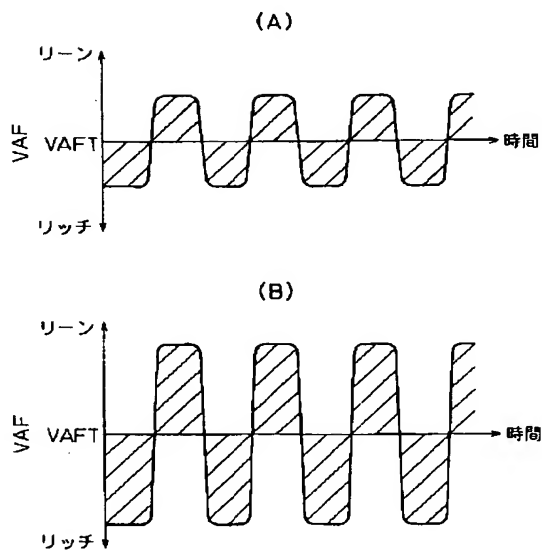
【図16】



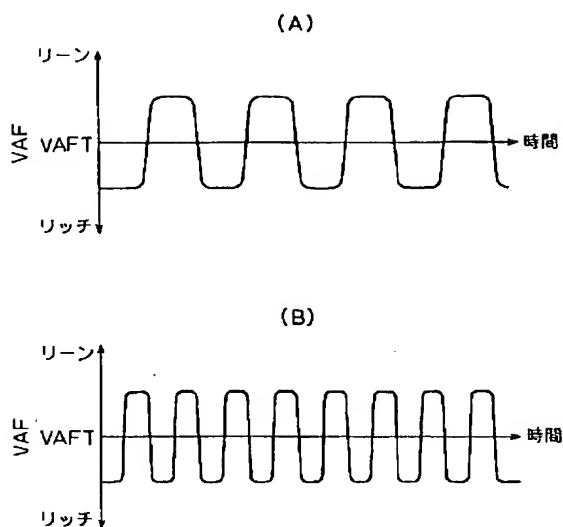
【図19】



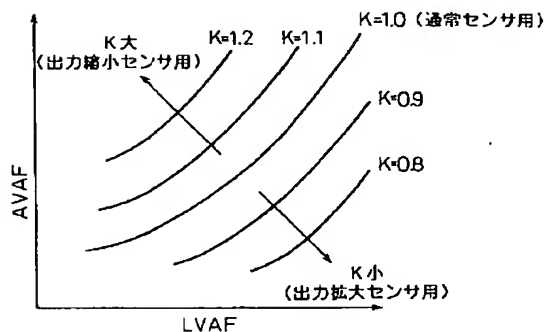
【図20】



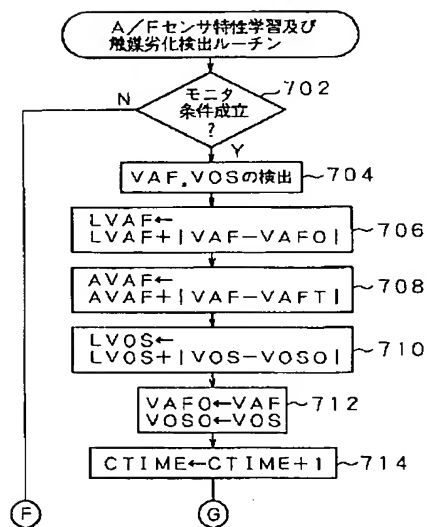
【図21】



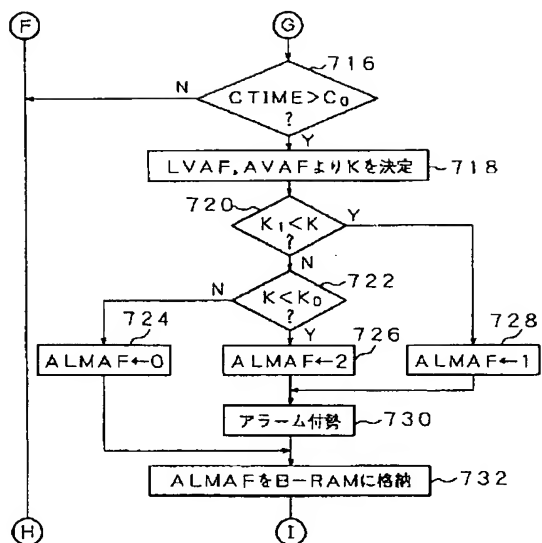
【図22】



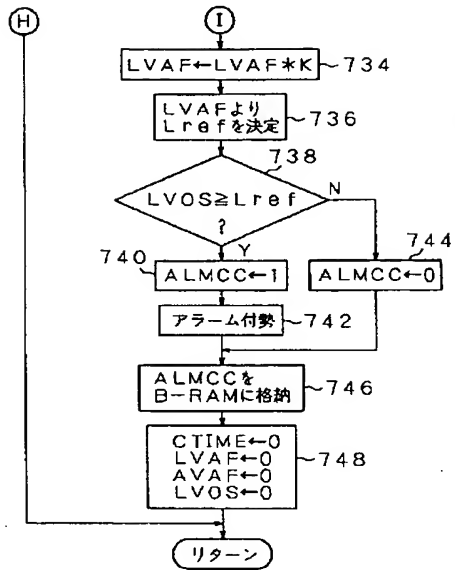
【図23】



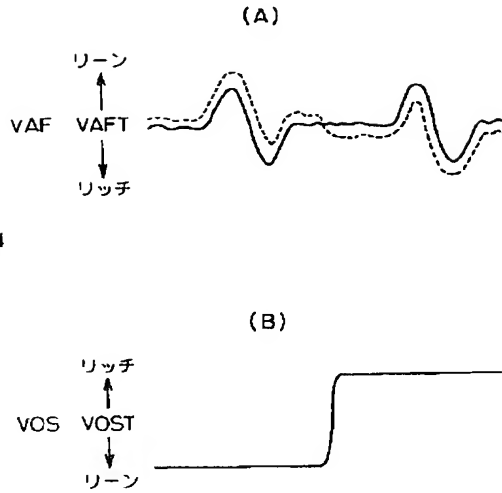
【図24】



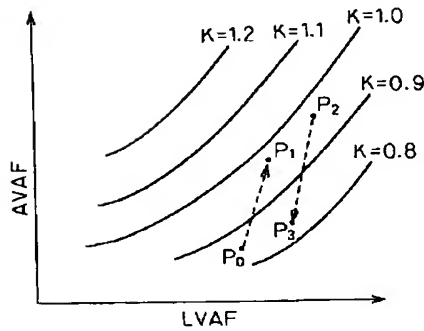
【図25】



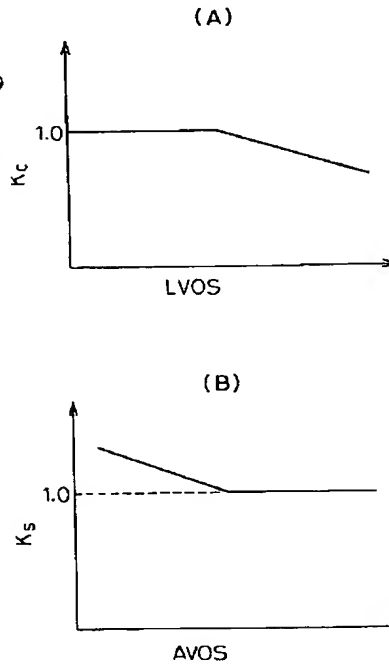
【図27】



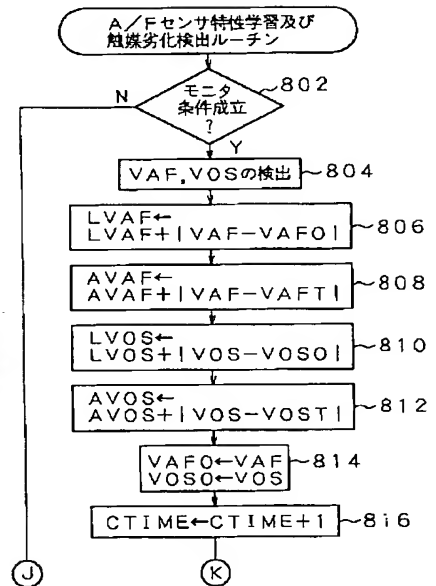
【図28】



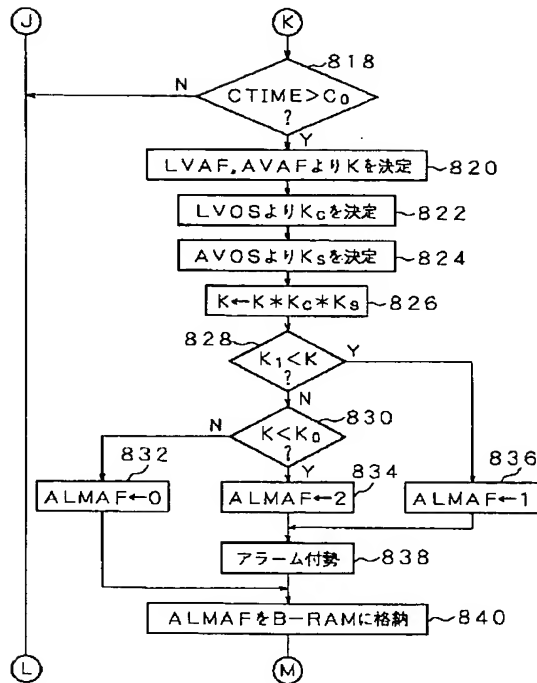
【図29】



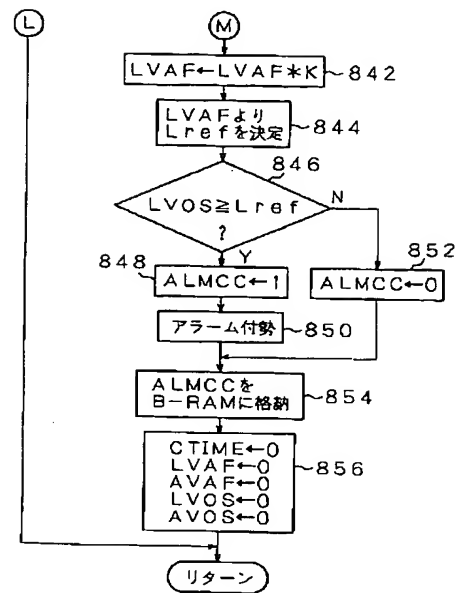
【図30】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

F 0 2 D 45/00

識別記号

3 5 8

3 6 8

庁内整理番号

3 6 1

F I

F 0 2 D 45/00

技術表示箇所

3 5 8 Z

3 6 8 G

G 0 1 N 27/26

G 0 1 N 27/26

3 6 1 B

27/409

27/58

B